

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-358389

(P2001-358389A)

(43) 公開日 平成13年12月26日 (2001. 12. 26)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコ-ト [*] (参考)
H 0 1 S 3/06		H 0 1 S 3/06	B 5 F 0 7 2
3/10		3/10	Z 5 K 0 0 2
H 0 4 B 10/02		H 0 4 B 9/00	V
H 0 4 J 14/00			E
14/02			

審査請求 未請求 請求項の数24 書面 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2001-44303 (P2001-44303)
(22) 出願日 平成13年1月17日 (2001. 1. 17)
(31) 優先権主張番号 特願2000-115821 (P2000-115821)
(32) 優先日 平成12年4月11日 (2000. 4. 11)
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

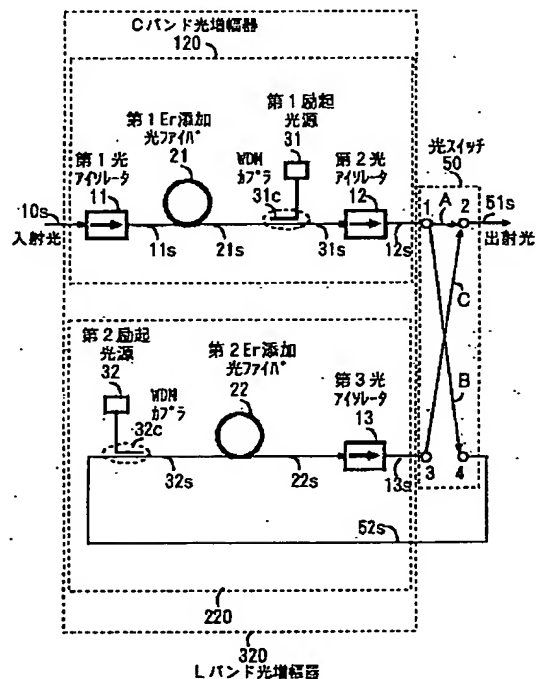
(71) 出願人 390005175
株式会社アドバンテスト
東京都練馬区旭町1丁目32番1号
(72) 発明者 塩田 和教
東京都練馬区旭町1丁目32番1号 株式会
社アドバンテスト内
(72) 発明者 狩野 英司
東京都練馬区旭町1丁目32番1号 株式会
社アドバンテスト内
Fターム(参考) 5F072 AB09 AK06 JJ08 JJ20 KK15
KK30 LL17 MM04 MM07 PP07
YY17
5K002 AA06 BA02 BA05 BA06 CA03
CA13 DA02 FA01

(54) 【発明の名称】 広帯域光増幅器及び広帯域可変波長光源

(57) 【要約】

【課題】 入力光の波長帯域が既知で、かつ単一のバンド内にあるとき、これを所定に増幅する広帯域光増幅器およびこれを用いる広帯域可変波長光源を提供する。

【解決手段】 光スイッチは第1にCバンド帯域の光信号を増幅するときはCバンド光増幅器から出力される光信号を外部へ出射し、第2にLバンド帯域の光信号を増幅するときはCバンド光増幅器から出力される光信号を受けて、さらに励起光で励起されたEDFの入力端へ接続してLバンド増幅器を形成し、Lバンド光増幅器から出力される光信号を外部へ出射することができる光スイッチを備えた広帯域光増幅器。



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも2つの波長増幅帯域を有し、入力される光信号の波長帯域が単一でかつ既知である入力条件の入力信号光を対象とする光増幅器において、

光スイッチと、励起用光源によって励起光を注入できるようにした励起光源と光カブラとエルビウムをドープした光ファイバ（以下EDF）の組み合わせを少なくとも2組備えることを特徴とする広帯域光増幅器。

【請求項2】 上記励起光源と光カブラとEDFとを2組備えるとき、当該EDFは、第一の組み合わせを用いて構成される第1の光増幅器の増幅帯域と、第1と第2の両方の組み合わせを用いて構成される第2の光増幅器の増幅帯域を、それぞれ所定の増幅帯域に最適化されるように前記2つのEDFの長さ若しくはEDFの長さとエルビウムのドープ濃度を所定に設定することを特徴とする請求項1記載の広帯域光増幅器。

【請求項3】 光スイッチは第1の光増幅器の増幅帯域の光信号を増幅するときは第1の光増幅器の構成から出力される光信号を受けて本広帯域光増幅器の光信号出力端へ光路接続して外部へ出射し、第2の光増幅器の増幅帯域の光信号を増幅するときは第1の光増幅器の構成から出力される光信号を受けて前記光源とカブラとEDFの第2の組み合わせの入力端へ光路接続して全体で第2の光増幅器を構成し、前記第2の組み合わせから出力される光信号を受けて本広帯域光増幅器の光信号出力端へ光路接続して外部へ出射することを特徴とする請求項1記載の広帯域光増幅器。

【請求項4】 入力される光信号の波長帯域が単一でかつ既知である入力条件の入力信号光を対象とする、少なくとも2つの波長増幅帯域を有する光増幅器を備え、第1の光増幅器の増幅波長領域と第2の光増幅器の増幅波長領域の両波長領域における所定波長の光信号を発振して出力する広帯域可変波長光源において、

光スイッチと、励起用光源によって励起光を注入できるようにした励起光源と光カブラとエルビウムをドープした光ファイバ（以下EDF）の組み合わせを少なくとも2組備え、

ループを形成して発振させる波長を発振波長としたとき、前記発振波長の成分は通過出力させ、他の波長成分は所定に減衰させるバンドパス・フィルタであり、且つ該発振波長を外部から可変制御可能な手段を備える可変波長光フィルタと、

該可変波長光フィルタでフィルタされた出力光を2分岐し、分岐した一方は該広帯域光増幅器の入力端へ供給し、他方は当該広帯域可変波長光源の出力光として外部へ出力する光分波器と、

以上によって発振した出射光を可変波長光源として外部へ出力することを特徴とする広帯域可変波長光源。

【請求項5】 第1の光増幅器は第1光アイソレータ

と第1Er添加光ファイバと第1励起光源と第2光アイソレータとを備えるとき、

第1光アイソレータは外部からの入射光を受けて通過させ、逆方向の出力端側からの不要な光信号は遮断し、

第1Er添加光ファイバは第1の光増幅器の増幅波長領域を所定に増幅するEr（Erbium）濃度と長さを備える増幅媒体であり、

第1励起光源は第1Er添加光ファイバへ励起用の光源をWDMカブラを介して供給する励起用光源であり、

第2光アイソレータは第1Er添加光ファイバから出力される光信号はそのまま通過して出力させ、逆方向からの不要な光信号は遮断する方向性を備えるアイソレータであり、

以上を具備していることを特徴とする請求項1記載の広帯域光増幅器。

【請求項6】 第2の光増幅器は第2励起光源と第2Er添加光ファイバと第3光アイソレータとを備えるとき、

第2励起光源は第2Er添加光ファイバへ励起用の光源をWDMカブラを介して供給する励起用光源であり、

第2Er添加光ファイバは第1Er添加光ファイバとによって第2の光増幅器の増幅波長領域を所定に増幅するEr濃度と長さを備える増幅媒体であり、

第3光アイソレータは第2Er添加光ファイバから出力される光信号はそのまま通過して出力させ、逆方向からの不要な光信号は遮断する方向性を備えるアイソレータであり、

以上を具備していることを特徴とする請求項1記載の広帯域光増幅器。

【請求項7】 第2の光増幅器は第2励起光源と第2Er添加光ファイバと第3励起光源と第3光アイソレータとを備えるとき、

第2励起光源と第3励起光源とは第2Er添加光ファイバへ励起用の光源をWDMカブラを介して供給する励起用光源であり、

第2Er添加光ファイバは第1Er添加光ファイバとによって第2の光増幅器の増幅波長領域を所定に増幅するEr濃度と長さを備える増幅媒体であり、

第3光アイソレータは第2Er添加光ファイバから出力される光信号はそのまま通過して出力させ、逆方向からの不要な光信号は遮断する方向性を備えるアイソレータであり、

以上を具備していることを特徴とする請求項1記載の広帯域光増幅器。

【請求項8】 第1の光増幅器に備える各構成要素は直列接続され、光信号の入力側からの配設順序は第1光アイソレータ、第1Er添加光ファイバ、第1励起光源、第2光アイソレータの配設順序であることを特徴とする請求項5記載の広帯域光増幅器。

【請求項9】 第1の光増幅器に備える各構成要素は

直列接続され、光信号の入力側からの配設順序は第1光アイソレータ、第1励起光源、第1EDF添加光ファイバ、第2光アイソレータの配設順序であることを特徴とする請求項5記載の広帯域光増幅器。

【請求項10】 第2の光増幅器に備える各構成要素は直列接続され、光信号の入力側からの配設順序は第1の光増幅器、第2励起光源、第2EDF添加光ファイバ、第3光アイソレータの配設順序であることを特徴とする請求項6記載の広帯域光増幅器。

【請求項11】 第2の光増幅器に備える各構成要素は直列接続され、光信号の入力側からの配設順序は第1の光増幅器、第2EDF添加光ファイバ、第2励起光源、第3光アイソレータの配設順序であることを特徴とする請求項6記載の広帯域光増幅器。

【請求項12】 第2の光増幅器に備える各構成要素は直列接続され、光信号の入力側からの配設順序は第1の光増幅器、第2励起光源、第2EDF添加光ファイバ、第3励起光源、第3光アイソレータの配設順序であることを特徴とする請求項7記載の広帯域光増幅器。

【請求項13】 少なくとも2つの波長増幅帯域を有し、入力される光信号の波長帯域が単一かつ既知である入力条件の入力信号光を対象とする光増幅器において、

光スイッチと、励起用光源によって励起光を注入できるようにした励起光源と、光カブラとエルビウムをドープした光ファイバ（以下EDFと呼称）との組み合わせに基づいて所定に増幅して出力する光増幅器を少なくとも2組備え、

長波長の増幅帯域を増幅する該光増幅器内の、励起光を注入し且つ該EDFから出力される増幅信号光及びASE光を通過出力する合分波カブラは、ASE光の波長帯域の中で当該光増幅器が増幅する波長帯域よりも短い波長帯域のASE光成分が信号出力に重畳しないようにフィルタ除去できる合分波カブラである、ことを特長とする広帯域光増幅器。

【請求項14】 少なくとも2つの波長増幅帯域を有し、入力される光信号の波長帯域が既知である入力条件の入力信号光を対象とする光増幅器において、

光スイッチと、励起用光源によって励起光を注入できるようにした励起光源と、光カブラとエルビウムをドープした光ファイバ（以下EDFと呼称）との組み合わせに基づいて所定に増幅して出力する光増幅器を少なくとも2組備え、

前段の光増幅器からの増幅信号光及びASE光を後段の光増幅器のEDFが受け、且つ励起光を当該EDFへ注入して長波長の増幅帯域を増幅するとき、該EDFの出力側から増幅された増幅信号光及びASE光を当該光増幅器外へ出力する光路に対して、長波長の増幅帯域以外のASE光成分を所定に通過阻止若しくは所定に減衰する光学フィルタ素子を挿入して備える、ことを特長とする

る広帯域光増幅器。

【請求項15】 光学フィルタ素子は、ASE光成分の中で所定波長帯域を選択的に通過阻止し、且つ該EDFへ励起光を注入できるWDMカブラである、ことを特長とする請求項14記載の広帯域光増幅器。

【請求項16】 長波長の増幅帯域を増幅する光増幅器内に備えるEDFに対する励起光の注入は、後方励起、若しくは双方向励起とする、ことを特長とする請求項13又は14記載の広帯域光増幅器。

【請求項17】 長波長の増幅帯域を増幅する光増幅器の前段に接続される光増幅器内に備えるEDFに対する励起光の注入は、前方励起、後方励起、若しくは双方向励起とする、ことを特長とする請求項13又は14記載の広帯域光増幅器。

【請求項18】 短波長増幅帯域はCバンドであり、長波長増幅帯域はLバンドである、ことを特長とする請求項13又は14記載の広帯域光増幅器。

【請求項19】 広帯域光増幅器として2つの第1光増幅器と第2光増幅器とを備えるとき、前段に備える第1の光増幅器が増幅する短波長増幅帯域はCバンドであり、第2光増幅器によって増幅する長波長増幅帯域はLバンドである、ことを特長とする請求項13又は14記載の広帯域光増幅器。

【請求項20】 外部から入力される入力信号光は第1波長帯域と第2波長帯域との2つ波長帯域の光信号であり、当該入力信号光を受けて所定に増幅して出力する光増幅器において、

第1波長帯域を所定に増幅可能なエルビウムのドープ濃度条件とファイバ長とを備える第1エルビウムドープファイバ（第1EDFと呼称）と、

第2波長帯域を所定に増幅可能なエルビウムのドープ濃度条件とファイバ長とを備えるエルビウムドープファイバに対して、第1EDFのファイバ条件を差し引いた残りのエルビウムドープファイバとする第2エルビウムドープファイバ（第2EDFと呼称）と、

外部からの入力信号光を受けて、第1EDFに基づいて第1波長帯域を所定に増幅して出力可能な構成要素を内蔵する第1の光増幅器と、

第1の光増幅器から出力される増幅信号光及び自然放光（ASE光）を受けて、第1EDFと第2EDFとの直列接続に基づいて第2波長帯域を所定に増幅して出力可能な構成要素を内蔵する第2の光増幅器と、

第1に第1波長帯域を増幅して出力する場合には第1の光増幅器の出力端を本広帯域光増幅器の外部出力端へ光路接続し、第2に第2波長帯域を増幅して出力する場合には第1の光増幅器の出力端を第2の光増幅器の入力端へ光路接続し、且つ第2の光増幅器の出力端を本広帯域光増幅器の外部出力端へ光路接続する光路切替を行う光スイッチと、

以上を具備することを特徴とする広帯域光増幅器。

【請求項21】 第2の光増幅部は、第2波長帯域を所定に増幅して出力するとき、第2波長帯域以外のASE光成分を所定にフィルタ除去する光学フィルタ素子を更に備える、ことを特徴とする請求項20記載の広帯域光増幅器。

【請求項22】 短い波長帯域を増幅する第1の光増幅器と、前記短い波長帯域よりも長い波長帯域を増幅する第2の光増幅部と、を備える構成の光増幅器において、

長い波長帯域の増幅は第1の光増幅器と第2の光増幅部とを直列接続した光路接続構成に基づいて該長い波長帯域を増幅する、ことを特徴とする広帯域光増幅器。

【請求項23】 第2の光増幅器は、第1の光増幅器と第2励起光源と第2Er添加光ファイバと第3光アイソレータとを備えるとき、

第1の光増幅器は第1光アイソレータと第1Er添加光ファイバと第1励起光源と第2光アイソレータとを備えていて、

第1光アイソレータは外部からの入射光を受けて通過させ、逆方向の出力端側からの不要な光信号は遮断し、第1Er添加光ファイバは第1の光増幅器の増幅波長領域を所定に増幅するEr(Erbium)濃度と長さを備える増幅媒体であり、

第1励起光源は第1Er添加光ファイバへ励起用の光源をWDMカブラを介して供給する励起用光源であり、

第2光アイソレータは第1Er添加光ファイバから出力される光信号はそのまま通過して出力させ、逆方向からの不要な光信号は遮断する方向性を備えるアイソレータであるものであり、

第2励起光源は第2Er添加光ファイバへ励起用の光源をWDMカブラを介して供給する励起用光源であり、第2Er添加光ファイバは第1Er添加光ファイバとによって第2の光増幅器の増幅波長領域を所定に増幅するEr濃度と長さを備える増幅媒体であり、

第3光アイソレータは第2Er添加光ファイバから出力される光信号はそのまま通過して出力させ、逆方向からの不要な光信号は遮断する方向性を備えるアイソレータであり、

以上を具備していることを特徴とする請求項1記載の広帯域光増幅器。

【請求項24】 第2の光増幅器は、第1の光増幅器と第2励起光源と第2Er添加光ファイバと第3励起光源と第3光アイソレータとを備えるとき、

第1の光増幅器は第1光アイソレータと第1Er添加光ファイバと第1励起光源と第2光アイソレータとを備えていて、

第1光アイソレータは外部からの入射光を受けて通過させ、逆方向の出力端側からの不要な光信号は遮断し、

第1Er添加光ファイバは第1の光増幅器の増幅波長領域を所定に増幅するEr(Erbium)濃度と長さを

備える増幅媒体であり、

第1励起光源は第1Er添加光ファイバへ励起用の光源をWDMカブラを介して供給する励起用光源であり、

第2光アイソレータは第1Er添加光ファイバから出力される光信号はそのまま通過して出力させ、逆方向からの不要な光信号は遮断する方向性を備えるアイソレータであるものであり、

第2励起光源と第3励起光源とは第2Er添加光ファイバへ励起用の光源をWDMカブラを介して供給する励起用光源であり、

第2Er添加光ファイバは第1Er添加光ファイバとによって第2の光増幅器の増幅波長領域を所定に増幅するEr濃度と長さを備える増幅媒体であり、

第3光アイソレータは第2Er添加光ファイバから出力される光信号はそのまま通過して出力させ、逆方向からの不要な光信号は遮断する方向性を備えるアイソレータであり、

以上を具備していることを特徴とする請求項1記載の広帯域光増幅器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、広帯域光増幅器および広帯域可変波長光源に関する。特に、1.55μm帯(1.53μm~1.565μm:Cバンド)および1.58μm帯(1.565μm~1.60μm:Lバンド)の両帯域に渡る広帯域な波長における既知の波長を対象として増幅可能とする広帯域光増幅器およびこれを用いる広帯域可変波長光源に関する。

【0002】

【従来の技術】従来技術について、図1の広帯域光増幅器を参照して以下に説明する。尚、CバンドとLバンドの両帯域に渡る広帯域光増幅器の参考資料としては、特開平10-229238があり、また参考文献:Electron Lett. 33, p710, 1997 M. Yamada et. al. がある。

【0003】広帯域光増幅器の要部構成は、図1に示すように、Cバンド光増幅器100と、Lバンド光増幅器200と、分波器と、合波器とで成る。一方のCバンド光増幅器100は第1光アイソレータ11と、第1Er添加光ファイバ21と、第1励起光源31と、WDMカブラ31cと、第2光アイソレータ12とで成る。他方のLバンド光増幅器200は第3光アイソレータ13と、第2励起光源32と、WDMカブラ32cと、第2Er添加光ファイバ22と、第3励起光源33と、WDMカブラ33cと、第4光アイソレータ14とで成る。分波器は一例としてWDMカブラ61が使用され、合波器は一例としてWDMカブラ62が使用される。

【0004】入射光10sは分波器であるWDM(波長分割多重:Wavelength Division Multiplexing)カブラ61へ入射され、これ

により2分岐して第1光アイソレータ11と第3光アイソレータ13とへ分配供給される。尚、WDMカブラの代わりに他の分波器を用いても良い、また光スイッチを用いる構成例もある。

【0005】一方のCバンド光増幅器100を説明する。第1光アイソレータ11は逆方向に通過する光を遮断するものであって、上記で分配された入射光10sを通過出力して第1Er添加光ファイバ21へ供給する。出力端側からの逆方向となる励起光等の不要信号は遮断する。

【0006】第1Er添加光ファイバ(エルビウム・ドープ・ファイバ)21は増幅媒体として用いられ、且つ、Cバンドを増幅するのに最適化されたファイバ長の条件に形成しておく。例えば、ファイバ長として20mのEr添加光ファイバが使用される。第1励起光源31からの励起光源をWDMカブラ31cを介して受けて、希土類添加光ファイバのレーザ作用を利用して入力光信号11sを数十dB増幅した光信号21sを第2光アイソレータ12へ供給する。

【0007】第1励起光源31とWDMカブラ31cは第1Er添加光ファイバ21を所望に励起して増幅させる励起光源を発生して供給する。

【0008】第2光アイソレータ12も上記同様に逆方向に通過する光を遮断するものであって、上記でCバンドを数十dB、例えば20dB以上増幅した光信号21sを出力し、出力側からの逆光を阻止する。

【0009】他方のLバンド光増幅器200も上記同様である。但し、第2Er添加光ファイバ22はLバンドに対応したファイバ長の条件に形成したものを使用する。例えば、ファイバ長として120mのEr添加光ファイバが使用される。第3光アイソレータ13と第2Er添加光ファイバ22との間に第2励起光源32を備え、第2Er添加光ファイバ22と第4光アイソレータ14との間に第3励起光源33を備えてLバンドを数十dB、例えば20dB以上増幅可能な構成としている。尚、第2Er添加光ファイバ22がLバンドの増幅を行うには、例えば120mもの長尺のEr添加光ファイバが必要であり、この長尺のファイバを励起する為には双方向励起あるいはハイパワーでの励起が必要である。図1では双方向励起とした構成例である。

【0010】WDMカブラ62は合波器として使用され、上記Cバンド光増幅器100から出力される数十dB増幅したCバンドの光信号12sと、上記Lバンド光増幅器200から出力される数十dB増幅したLバンドの光信号13sとを受けて、両者を合波した出射光62sとして出力する。尚、WDMカブラの代わりに他の合波器を用いても良い。また光スイッチを用いる構成例もある。

【0011】図1の構成例に示したように、CバンドとLバンドの両帯域に渡る一般的な広帯域光増幅器は、光

の進行方向を一方に制限する光アイソレータ11、13を通過した信号光は、WDMカブラ31c、32c、33cを介して入力される励起光源31、32、33からの励起光による対応するEr添加光ファイバ21、22により所定に光増幅される。増幅された光信号は各々光アイソレータ12、13を経て出力される。ここで、光増幅される帯域はEr添加光ファイバ21、22のファイバ長と励起光源の励起光強度により制御でき、特にEr添加光ファイバ長を長くすることにより、増幅帯域は徐々に長波長側へ移ることが知られている。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】上述説明したように、CバンドとLバンドの両帯域に渡る広帯域な増幅を行うには、多数の励起光源を必要とする。また、Cバンド、Lバンドの双方の入出力両側に光アイソレータが各々必要となり、分波器が必要となる結果、光の挿入損失もあり、また光部品数が多く高価になりやすい難点がある。更に、Er添加光ファイバについても例えばCバンド増幅用で20m長、Lバンド増幅用で120m長が、それぞれ必要となる難点がある。一方で、入力光信号11sは既知の波長で使用される場合が殆どである。そこで、本発明が解決しようとする課題は、入力光の波長帯域が既知で、かつ単一のバンド内にあるとき、これを所定に増幅する広帯域光増幅器およびこれを用いる広帯域可変波長光源を提供することである。

【0013】

【課題を解決するための手段】第2図は、本発明に係る解決手段を示している。上記課題を解決するために、少なくとも2つの波長増幅帯域を有し、入力される光信号の波長帯域が単一でかつ既知である入力条件の入力信号光を対象とする光増幅器において、光スイッチと、励起光源によって励起光を注入できるようにした励起光源と光カブラとエルビウムをドープした光ファイバ(以下EDF)の組み合わせを少なくとも2組備えることを特徴とする広帯域光増幅器である。上記発明によれば、入力光の波長帯域が既知で、かつ単一のバンド内にあるとき、これを所定に増幅する、より安価な装置を構成可能な広帯域光増幅器が実現できる。

【0014】また、上述励起光源と光カブラとEDFとを2組備えるとき、上述EDFは、第一の組み合わせを用いて構成される第1の光増幅器の増幅帯域と、第1と第2の両方の組み合わせを用いて構成される第2の光増幅器の増幅帯域を、それぞれ所定の増幅帯域に最適化されるように前記2つのEDFの長さ若しくはEDFの長さエルビウムのドープ濃度を所定に設定することとを特徴とする上述広帯域光増幅器がある。

【0015】また、上述光スイッチは第1の光増幅器の増幅帯域の光信号を増幅するときは第1の光増幅器の構成から出力される光信号を受けて本広帯域光増幅器の光信号出力端へ光路接続して外部へ出射し、第2の光増幅

10

20

30

40

50

器の増幅帯域の光信号を増幅するときは第1の光増幅器の構成から出力される光信号を受けて前記光源とカブラとEDFの第2の組み合わせの入力端へ光路接続して全体で第2の光増幅器を構成し、前記第2の組み合わせから出力される光信号を受けて本広帯域光増幅器の光信号出力端へ光路接続して外部へ出射することを特徴とする上述広帯域光増幅器がある。

【0016】第3図は、本発明に係る解決手段を示している。上記課題を解決するために、第1の光増幅器の増幅波長領域と第2の光増幅器の増幅波長領域の両波長領域における所定波長の光信号を発振して出力する広帯域可変波長光源において、上述広帯域光増幅器を具備し、ループを形成して発振させる波長を発振波長と呼称したとき、前記発振波長はCバンド波長領域とLバンド波長領域の両波長領域における所定の波長であり、前記発振波長の成分は通過出力させ、他の波長成分は所定に減衰させ若しくは通過阻止させるバンドパス・フィルタであり、且つ前記バンドパス・フィルタの中心波長である上記発振波長を外部から可変制御可能な手段を備える可変波長光フィルタ70を具備し、可変波長光フィルタ70でフィルタされた出力光を2分岐し、分岐した一方は上記広帯域光増幅器の入力端へ供給して発振ループを形成させ、他方は当該広帯域可変波長光源の出力光として外部へ出力する光分波器85を具備し、以上の構成要素によって帰還ループを形成させて発振した出射光85sを可変波長光源として外部へ出力することを特徴とする広帯域可変波長光源がある。

【0017】第2図～第13図は、本発明に係る解決手段を示している。また、第1の光増幅器120は第1光アイソレータ11と第1Er添加光ファイバ21と第1励起光源31と第2光アイソレータ12とを備えるとき、第1光アイソレータ11は外部からの入射光10sを受けて通過させ、逆方向の出力端側からの不要な光信号は遮断し、第1Er添加光ファイバ21は第1の光増幅器の増幅波長領域を所定に増幅するEr(Erbium)濃度と長さを備える増幅媒体であり、第1励起光源31は第1Er添加光ファイバ21へCバンド波長領域を所定に増幅させる励起用の光源をWDMカブラ31cを介して供給する励起用光源であり、第2光アイソレータ12は第1Er添加光ファイバ21から出力される光信号はそのまま通過して出力させ、逆方向からの不要な光信号は遮断する方向性を備えるアイソレータであり、以上をCバンド光増幅器120に具備していることを特徴とする上述広帯域光増幅器がある。

【0018】第2図～第6図と第9図～第11図は、本発明に係る解決手段を示している。また、第2の光増幅器320の構成要素220は第2励起光源32と第2Er添加光ファイバ22と第3光アイソレータ13とを備えるとき、第2励起光源32は第2Er添加光ファイバ22へLバンド波長領域を所定に増幅させる励起用の光

源をWDMカブラ32cを介して供給する励起用光源であり、第2Er添加光ファイバ22は第1Er添加光ファイバ22とによって第2の光増幅器の増幅波長領域を所定に増幅するEr濃度と長さを備える増幅媒体であり、第3光アイソレータ13は第2Er添加光ファイバ22から出力される光信号はそのまま通過して出力させ、逆方向からの不要な光信号は遮断する方向性を備えるアイソレータであり、以上を具備していることを特徴とする上述広帯域光増幅器がある。

【0019】第7図と第8図と第12図と第13図は、本発明に係る解決手段を示している。また、第2の光増幅器320の構成要素220は第2励起光源32と第2Er添加光ファイバ22と第3励起光源33と第3光アイソレータ13とを備えるとき、第2励起光源32と第3励起光源33とは第2Er添加光ファイバ22へLバンド波長領域を所定に増幅させる励起用の光源をWDMカブラ32c、33cを介して供給する励起用光源であり、第2Er添加光ファイバ22は第1Er添加光ファイバ22とによって第2の光増幅器の増幅波長領域を所定に増幅するEr濃度と長さを備える増幅媒体であり、第3光アイソレータ13は第2Er添加光ファイバ22から出力される光信号はそのまま通過して出力させ、逆方向からの不要な光信号は遮断する方向性を備えるアイソレータであり、以上を具備していることを特徴とする上述広帯域光増幅器がある。

【0020】第2図と第5図と第7図は、本発明に係る解決手段を示している。また、上述第1の光増幅器120に備える各構成要素は直列接続され、光信号の入力側からの配設順序は第1光アイソレータ11、第1Er添加光ファイバ21、第1励起光源31、第2光アイソレータ12の配設順序であることを特徴とする上述広帯域光増幅器がある。第4図と第6図と第8図は、本発明に係る解決手段を示している。また、上述第1の光増幅器120に備える各構成要素は直列接続され、光信号の入力側からの配設順序は第1光アイソレータ11、第1励起光源31、第1Er添加光ファイバ21、第2光アイソレータ12の配設順序であることを特徴とする上述広帯域光増幅器がある。

【0021】第2図と第4図は、本発明に係る解決手段を示している。また、上述第2の光増幅器320に備える各構成要素は直列接続され、光信号の入力側からの配設順序は第1の光増幅器、第2励起光源32、第2Er添加光ファイバ22、第3光アイソレータ13の配設順序であることを特徴とする上述広帯域光増幅器がある。第5図と第6図は、本発明に係る解決手段を示している。また、上述第2の光増幅器320に備える各構成要素は直列接続され、光信号の入力側からの配設順序は第1の光増幅器、第2Er添加光ファイバ22、第2励起光源32、第3光アイソレータ13の配設順序であることを特徴とする上述広帯域光増幅器がある。第7図と第

8図は、本発明に係る解決手段を示している。また、上述第2の光増幅器320に備える各構成要素は直列接続され、光信号の入力側からの配設順序は第1の光増幅器、第2励起光源32、第2Er添加光ファイバ22、第3励起光源33、第3光アイソレータ13の配設順序であることを特徴とする上述広帯域光増幅器がある。

【0022】上記課題を解決するために、少なくとも2つの波長増幅帯域を有し、入力される光信号の波長帯域が単一でかつ既知である入力条件の入力信号光を対象とする光増幅器において、光スイッチと、励起用光源によって励起光を注入できるようにした励起光源と、光カブラとエルビウムをドープした光ファイバ（以下EDFと呼称）との組み合わせに基づいて所定に増幅して出力する光増幅器を少なくとも2組備え、長波長の増幅帯域を増幅する上記光増幅器内の、励起光を注入し且つ上記EDFから出力される増幅信号光及びASE光を通過出力する合分波カブラ（例えばWDMカブラ）は、ASE光の波長帯域の中で当該光増幅器が増幅する波長帯域よりも短い波長帯域のASE光成分が信号出力に重畳しないようにフィルタ除去できる合分波カブラである、ことを特長とする広帯域光増幅器がある。

【0023】第15図と第17図は、本発明に係る解決手段を示している。上記課題を解決するために、少なくとも2つの波長増幅帯域を有し、入力される光信号の波長帯域が既知である入力条件の入力信号光を対象とする光増幅器において、光スイッチと、励起用光源によって励起光を注入できるようにした励起光源と、光カブラとエルビウムをドープした光ファイバ（以下EDFと呼称）との組み合わせに基づいて所定に増幅して出力する光増幅器を少なくとも2組備え、前段の光増幅器からの増幅信号光及びASE光を後段の光増幅器のEDFが受け、且つ励起光を当該EDFへ注入して長波長の増幅帯域を増幅するとき、上記EDFの出力側から増幅された増幅信号光及びASE光を当該光増幅器外へ出力する光路に対して、長波長の増幅帯域以外のASE光成分を所定に通過阻止若しくは所定に減衰する光学フィルタ素子を挿入して備える、ことを特長とする広帯域光増幅器がある。

【0024】また、上述光学フィルタ素子の一態様としては、ASE光成分の中で所定波長帯域を選択的に通過阻止し、且つ上記EDFへ励起光を注入できるWDMカブラ40である、ことを特長とする上述広帯域光増幅器がある。

【0025】また、上述長波長の増幅帯域を増幅する光増幅器内に備えるEDFに対する励起光の注入の一態様としては、後方励起、若しくは双方向励起とする、ことを特長とする上述広帯域光増幅器がある。また、上述長波長の増幅帯域を増幅する光増幅器の前段に接続される光増幅器内に備えるEDFに対する励起光の注入の一態様としては、前方励起、後方励起、若しくは双方向励起

とする、ことを特長とする上述広帯域光増幅器がある。

【0026】また、上述短波長増幅帯域はCバンドであり、上記長波長増幅帯域はLバンドである、ことを特長とする上述広帯域光増幅器がある。また、上述広帯域光増幅器として2つの第1光増幅器と第2光増幅器とを備えるとき、前段に備える第1の光増幅器が増幅する短波長増幅帯域はCバンドであり、第2光増幅器によって増幅する長波長増幅帯域はLバンドである、ことを特長とする上述広帯域光増幅器がある。

【0027】第2図と第4図～第8図と第15図と第18図は、本発明に係る解決手段を示している。上記課題を解決するために、外部から入力される入力信号光は第1波長帯域と第2波長帯域との2つ波長帯域の光信号であり、且つ前記光信号は単一で既知の光信号の入力であるとき、当該入力信号光を受けて所定に増幅して出力する光増幅器において、第1波長帯域（例えばCバンド）は第2波長帯域（例えばLバンド）よりも短い波長帯域であると仮定したとき、第1波長帯域を所定に増幅可能なエルビウムのドープ濃度条件とファイバ長とを備える第1エルビウムドープファイバ（第1EDFと呼称）を具備し、第2波長帯域を所定に増幅可能なエルビウムのドープ濃度条件とファイバ長とを備えるエルビウムドープファイバに対して、第1EDFのファイバ条件を差し引いた残りのエルビウムドープファイバとする第2エルビウムドープファイバ（第2EDFと呼称）を具備し、外部からの入力信号光を受けて、第1EDFに基づいて第1波長帯域を所定に増幅して出力可能な構成要素を内蔵する第1の光増幅器120を具備し、第1の光増幅器120から出力される増幅信号光及び自然放光（ASE光）を受けて、第1EDFと第2EDFとの直列接続に基づいて第2波長帯域を所定に増幅して出力可能な構成要素を内蔵する第2の光増幅部220を具備し、第1に第1波長帯域を増幅して出力する場合には第1の光増幅器120の出力端を本広帯域光増幅器の外部出力端へ光路接続し、第2に第2波長帯域を増幅して出力する場合には第1の光増幅器120の出力端を第2の光増幅部220の入力端へ光路接続し、且つ第2の光増幅部220の出力端を本広帯域光増幅器の外部出力端へ光路接続する光路切替を行うことが可能な光スイッチ50を具備し、以上を具備することを特徴とする広帯域光増幅器がある。

【0028】第15図と第17図は、本発明に係る解決手段を示している。また、上述第2の光増幅部220の一態様としては、第2波長帯域を所定に増幅して出力するとき、第2波長帯域以外のASE光成分を所定にフィルタ除去する光学フィルタ素子（例えばCバンド波長領域以下を通過阻止するフィルタ構造を備えたWDMカブラ40を更に備える、ことを特徴とする上述広帯域光増幅器がある。

【0029】上記課題を解決するために、短い波長帯域

を増幅する第1の光増幅器120と、前記短い波長帯域よりも長い波長帯域を増幅する第2の光増幅器320の構成要素220と、を備える構成の光増幅器において、長い波長帯域の増幅は第1の光増幅器120と第2の光増幅器220とを直列接続した光路接続構成に基づいて上記長い波長帯域を増幅する、ことにより第1の光増幅器120と第2の光増幅器220に備える両エルビウムドープファイバが直列接続されて長い波長帯域が所定に増幅可能となる、ことを特徴とする広帯域光増幅器がある。

【0030】尚、本願発明手段は、所望により、上記解決手段における各要素手段を適宜組み合わせ、実用可能な他の構成手段としても良い。

【0031】

【発明の実施の形態】以下に本発明を適用した実施の形態の一例を図面を参照しながら説明する。また、以下の実施の形態の説明内容によって特許請求の範囲を限定するものではないし、更に、実施の形態で説明されている要素や接続関係が解決手段に必須であるとは限らない。

【0032】本発明の広帯域光増幅器について、図2と図14とを参照して以下に説明する。尚、従来構成に対応する構成要素は同一符号を付し、また重複する部位の説明は省略する。広帯域光増幅器の要部構成は、Cバンド光増幅器120と、Lバンド光増幅器320の構成要素220と、光スイッチ50とで成る。これは従来の構成に対して2分岐用のWDMカブラ61と合波用のWDMカブラ62とを削除し、更に、1個のアイソレータと1個の励起光源とWDMカブラとを削除し、代わりに、光スイッチ50を追加した構成で成る。本発明の広帯域光増幅器は、少なくとも2つの波長増幅帯域を有し入力光信号11sの波長帯域が単一でかつ既知で入力されることを前提条件とした装置構成である。従って、第1に、入力光信号11sがCバンド帯域の波長の場合はCバンド光増幅器120でCバンド帯域を増幅してそのまま出力し、第2に、入力光信号11sがLバンド帯域の波長の場合はCバンド光増幅器120とLバンド光増幅器320の構成要素220とでLバンド帯域を増幅して出力する。

【0033】一方のCバンド光増幅器120の構成要素は第1光アイソレータ11と、第1Er添加光ファイバ21と、第1励起光源31と、WDMカブラ31cと、第2光アイソレータ12とで成る。他方のLバンド光増幅器220の構成要素は第2励起光源32と、WDMカブラ32cと、第2Er添加光ファイバ22と、第3光アイソレータ13とで成る。

【0034】光スイッチ50はCバンド光増幅器120でCバンド帯域を増幅して出力する第1の動作形態と、Cバンド光増幅器120とLバンド光増幅器320の構成要素220とを直列接続してLバンド帯域を増幅して出力する第2の動作形態と、に切り替える光路切換スイ

ッチであって、外部からの制御によって切換制御される。

【0035】第1の動作形態においては、Cバンド帯域の入射光10sを受けて、Cバンド光増幅器120により所定に数十dB、例えば20dB以上を増幅（図14A参照）した光信号12sを光スイッチ50を通過（図2A参照）し、出射光51sとして出力される。ここで、第1Er添加光ファイバ21のファイバ長は、従来と同様の、例えば20mのEr添加光ファイバが使用される。

【0036】第2の動作形態においては、Lバンド帯域の入射光10sを受けて、最初にCバンド光増幅器120ではLバンド帯域の入射光10sと、第1Er添加光ファイバ21で励起されて出力されるCバンド帯域の自然放光（ASE光）と共に混在して出力される。これが光スイッチ50を通過（図2B参照）してLバンド光増幅器320の構成要素220へ供給される。次に、Lバンド光増幅器320の構成要素220では、第2Er添加光ファイバ22のファイバ長は、従来とは異なっており、例えば120m-20m=100m長のEr添加光ファイバが使用される。そして、上記ASE光と入射光10sとが混在した光信号52sを受けて、第2励起光源32とASE光とにより第2Er添加光ファイバ22を励起することでLバンド帯域の光信号は所定に数十dB、例えば20dB以上を増幅（図14B参照）した光信号22sを光スイッチ50を通過（図2C参照）し、出射光51sとして出力される。上記のように、第1Er添加光ファイバ21のファイバ長をAとし、第2Er添加光ファイバ22のファイバ長をBとしたとき、2つのEr添加光ファイバ21、22の長さを加算した（A+B）のトータル長がLバンドを増幅するのに必要な長さになる。上記数値例では20m長のEr添加光ファイバが削減できる。従って、短くできる第2Er添加光ファイバ22は安価にできる利点が得られる。更に、上記構成によれば、Cバンド光増幅器120で出力されたASE光と、Lバンド光増幅器320の構成要素220の第2励起光源32とによって第2Er添加光ファイバ22を励起される結果、第2励起光源32は少ない励起光源で済むという利点が得られる。

【0037】上述した図2の構成によれば、Cバンド光増幅器120とLバンド光増幅器320の構成要素220とを直列接続して増幅する構成としたことにより、Cバンド光成分とLバンド光成分とが所定に増幅された出射光51sが得られる。この結果、従来と同様の広帯域増幅機能が安価に実現される利点が得られる。更に、図1に示す構成要素における2分岐用のWDMカブラ61と合波用のWDMカブラ62と、1個のアイソレータと励起光源とWDMカブラとを削除し、代わりに光スイッチ50を設ける構成で実現される結果、装置がより安価に構成できる大きな利点が得られる。

【0038】次に、上述広帯域光増幅器を適用した広帯域可変波長光源について、図3を参照して以下に説明する。これは図2の増幅構成を適用した応用である。尚、図2と同一の要素は同一符号を付し、また重複する部位の説明は省略する。広帯域可変波長光源の要部構成は、図2の構成要素に対して、可変波長光フィルタ70と、光分波器85とを追加した構成で成る。

【0039】接続は、光スイッチ50の出力端を可変波長光フィルタ70の入力端へ接続し、可変波長光フィルタ70の出力端は光分波器85を介して第1光アイソレータ11の入力端へ接続する。広帯域可変波長光源の出力光は光分波器85で分波したものを出射する。これによれば、ファイバリング（共振器）のループが形成される結果レーザー発振させることができる。また、発振波長は、増幅帯域をCバンド、Lバンドに切替える光スイッチ50と、可変波長光フィルタ70のフィルタによる同調によってループゲインを1以上となる波長で発振させることにより任意の発振波長に設定できる。

【0040】光スイッチ50は、Cバンド域を発振させたい場合はCバンド光増幅器120が出力する光信号12sを出力するように光路を切換制御し、Lバンド域を発振させたい場合はLバンド光増幅器320の構成要素200が出力する光信号13sを出力するように光路を切換制御する。

【0041】可変波長光フィルタ70は外部から任意に制御可能な波長フィルタであって、光スイッチ50の出力端（出力ポート）からの出射光51sを入力として受けて、少なくともCバンド、Lバンドの両波長範囲を可変可能な波長フィルタとし、その設定制御されたフィルタ波長の成分が最小の通過ロスで通過出力する。尚、なるべく急峻な帯域特性（フィルタ特性）のものを使用することが望ましい。

【0042】光分波器85は、上記可変波長光フィルタ70から出力される光信号70sを受けて2経路に分波して出力する。一方の分波光86sは第1光アイソレータ11の入力端へ供給されてループを形成し、他方の分波光は本広帯域可変波長光源の出射光85sとして外部へ出力される。

【0043】上述した図3の構成によれば、比較的簡単な構成でCバンドからLバンド域にわたる広帯域な可変波長光源が実現できる大きな利点が得られる。

【0044】尚、本発明の技術的思想は、上述実施の形態の具体構成例に限定されるものではない。更に、所望により、上述実施の形態を变形して応用してもよい。以下に、応用構成例を示す。

【0045】広帯域光増幅器の变形構成例を図4に示す。これは図2に示す広帯域光増幅器において、第1励起光源31は第1Er添加光ファイバ21を後方励起する場合であったが、図4に示すように、前方励起するように配設位置を変更しても良く、上述同様にして実施で

きる。

【0046】また、变形構成例を図5に示す。これは図2に示す広帯域光増幅器において、第2励起光源32は第2Er添加光ファイバ22を前方励起する場合であったが、図5に示すように、後方励起するように配設位置を変更しても良く、上述同様にして実施できる。

【0047】また、变形構成例を図6に示す。これは図2に示す広帯域光増幅器において、第1励起光源31は第1Er添加光ファイバ21を、前方励起するように配設位置を変更し、更に、第2励起光源32は第2Er添加光ファイバ22を後方励起するように配設位置を変更しても良く、上述同様にして実施できる。

【0048】また、变形構成例を図7に示す。これは図2に示す広帯域光増幅器において、第2Er添加光ファイバ22を前方励起及び後方励起する双方向励起とするように第2励起光源32と第3励起光源33とを備える構成としても良く、上述同様にして実施できる。

【0049】また、变形構成例を図8に示す。これは図7に示す広帯域光増幅器において、第1励起光源31は第1Er添加光ファイバ21を後方励起する場合であったが、図8に示すように、前方励起するように配設位置を変更しても良く、上述同様にして実施できる。

【0050】次に、広帯域可変波長光源の变形構成例を図9に示す。これは図3に示す広帯域可変波長光源において、第1励起光源31は第1Er添加光ファイバ21を後方励起する場合であったが、図9に示すように、前方励起するように配設位置を変更しても良く、上述同様にして実施できる。

【0051】また、变形構成例を図10に示す。これは図3に示す広帯域可変波長光源において、第2励起光源32は第2Er添加光ファイバ22を前方励起する場合であったが、図10に示すように、後方励起するように配設位置を変更しても良く、上述同様にして実施できる。

【0052】また、变形構成例を図11に示す。これは図3に示す広帯域可変波長光源において、第1励起光源31は第1Er添加光ファイバ21を、前方励起するように配設位置を変更し、更に、第2励起光源32は第2Er添加光ファイバ22を後方励起するように配設位置を変更しても良く、上述同様にして実施できる。

【0053】また、变形構成例を図12に示す。これは図3に示す広帯域可変波長光源において、第2Er添加光ファイバ22を前方励起及び後方励起する双方向励起とするように、第2励起光源32と第3励起光源33とを備える構成としても良く、上述同様にして実施できる。

【0054】また、变形構成例を図13に示す。これは図12に示す広帯域可変波長光源において、第1励起光源31は第1Er添加光ファイバ21を前方励起するように配設位置を変更した構成例であり、上述同様にして

実施できる。

【0055】更に、本発明の技術的思想は、上述実施の形態の具体構成例に限定されるものではない。例えば、上記では2つのCバンド光増幅器120、Lバンド光増幅器320を増幅する具体例であったが、所望により、3つ以上の異なるバンドの光増幅器を備え、対応する光路切り替え用の光スイッチを備えて各々を直列接続し、複数の波長領域の光信号を所定に増幅可能に構成しても良い。また、広帯域光増幅器の後段に増幅度を平坦化するイコライザを追加して備えても良い。

【0056】次に、Lバンド増幅時において、励起光によるASE光に伴って、増幅して出力される出射光51sの信号雑音比(SNR)が劣化するのを改善する手段を追加した広帯域光増幅器について以下に説明する。図15は、Lバンド増幅時に信号雑音比を改善可能とした広帯域光増幅器の要部構成例である。図16は、WDMカブラの反射・透過帯域を指定しないとき、第2Er添加光ファイバ22から出力されるASE光のスペクトラム例であり、図17は、CバンドとLバンドを分離するように設定したWDMカブラを使用したとき、WDMカブラから出力されるASE光のスペクトラム例である。これらを参照して以下に説明する。

【0057】本発明の広帯域光増幅器の要部構成は、図15に示すように、上述した図5の構成要素に対して、WDMカブラ32cを削除し、代わりに第4光アイソレータ42と、WDMカブラ40とを追加したLバンド光増幅器220の構成で成る。追加した要素以外は上述と同一要素であるからして説明を要しない。

【0058】ここで、上述したCバンド光増幅器120から出力される光信号52sは誘導放出と自然放出とが重畳した出力光である。一方の誘導放出は入射光10sに基づく誘導放出光成分であり、他方の自然放出は当該誘導放出光成分を除く増幅された自然放出(ASE)光成分である。

【0059】第2Er添加光ファイバ22は、光信号52sを入力端側で受け、第2励起光源32からの励起光32sを励起供給端側から注入されて、当該ファイバ内部で再び誘導放出/自然放出が行われ、これに基づいた増幅信号光及びASE光とする光信号22sが出力される。即ち、Lバンドを増幅するのに最適な条件のEr添加光ファイバとなるような条件で増幅される結果、Lバンド帯域の信号光10sの誘導放出による増幅信号光成分と、それ以外の自然放出(ASE)光成分との両者が混在重畳して出力される。入射光10sが無入力信号光のときにもASE光は出力されている。ここで、自然放出光成分は、CバンドからLバンドの広帯域にわたるASE光の発生を伴う。

【0060】第4光アイソレータ42は、WDMカブラ40を介して流入してくる光信号を阻止し、第2励起光源32から出力する励起光32sを、WDMカブラ40

を介して第2Er添加光ファイバ22へ供給注入する。これによれば、光信号成分22sによる第2励起光源32への無用の阻害要因を解消できる。尚、第2励起光源32自身の出射端部に前記同様の光アイソレータを内蔵している場合には、この第4光アイソレータ42は不要である。

【0061】ここで、第2Er添加光ファイバ22から出力される光信号22sについて、図16を参照して説明する。入射光10sが無い無信号時には励起光に基づいて全て自然放出光とした光信号22sが発生する。図16Aの無信号時のスペクトラムは前記自然放出光に基づくASE光のスペクトラムであり、CバンドとLバンドとを含む広い波長帯域に渡っている。この自然放出光に基づくASE光のスペクトラムが常時存在することは、入射光10sを光増幅する観点からすると、無用の雑音成分となってくる。即ち、自然放出光は、出射光51sにおける信号雑音比(SNR)が劣化するノイズ要因となっている。

【0062】次に、図15に示すWDMカブラ40は、合波器として使用されると共に、Cバンド波長領域以下を通過阻止するフィルタ機能構造を備えたWDMカブラである。即ち、第1に、通常のWDMカブラと同様に第2励起光源32から出力する励起光32sを受けて第2Er添加光ファイバ22へ供給する合波器として機能し、且つ第2に、第2Er添加光ファイバ22から出力される増幅信号光成分と自然放出光成分との両者が混在重畳した光信号22sを受けて、第1に、Lバンド帯域の光成分22s1(即ち、Lバンド帯域の増幅信号光成分及びASE光成分)が光信号40sとして出力端側から分波出力され、第2に、Cバンド帯のASE光成分22s2が励起供給端側から分波出力されることになる。この結果、図17Bの特性曲線に示すように、Cバンド領域以下のASE光成分は通過阻止し、Lバンド帯域の増幅帯域のスペクトラム成分はそのまま通過出力し、これを光信号40sとして出力する。この光信号40sは第3光アイソレータ13を介して出射光51sとして外部へ出力される。

【0063】ここで、WDMカブラ40の具体例としては、誘電体多層膜形態に基づく公知のWDMカブラがある。この構造は、屈折率の異なる誘電体の薄膜を規則に従って多層重ね、各薄膜界面からの反射波の位相が一致する波長の光を殆ど反射し、他は殆ど通過させるように形成したものである。これによれば、誘電体多層膜の厚み、層数、層を構成する材料の屈折率などの条件を所定に形成することで、Cバンド波長領域以下を通過阻止可能なWDMカブラが実現できる。WDMカブラ40によれば、Lバンド増幅においては無用なCバンド領域以下のASE光成分が除去される結果、出射光51sの信号雑音比が相対的に改善される利点が得られる。従って、より低ノイズなLバンド光増幅が実現できることとな

る。ここで、WDMカブラ40から出力されるASE光のスペクトラムについて、図17のスペクトラム例を示して説明する。図17Aに示す特性曲線は上述した図5の構成例における第2Er添加光ファイバ22から出力される無信号時のASE光のスペクトラムであり、図17Bに示す特性曲線はWDMカブラ40を通過して出力される無信号時のASE光のスペクトラムである。この両者のスペクトラム対比から、図17Cに示すように、Cバンド領域以下の部位のASE光が大幅に除去低減されていることが判る。従って、この除去低減に対応して相対的に信号雑音比が改善される利点が得られることとなる。前記改善について具体数値例で示すと、第1励起光源31の励起強度を90mWとし、第2励起光源32の励起強度を60mWと仮定したとき、図5の構成では+8.44dBmであったASE光強度が、図15の構成では+3.71dBmのASE光強度に抑えられる。従って、差分である8.44-3.71=4.73dBの無用なASE光が抑えられる結果、これに対応した信号雑音比が改善される利点が得られることとなる。これは、微小な入射光10sを増幅する場合に特に有効である。また、光の測定装置等に適用した場合にはフロアノイズが低減されるので入射光をより精度良く測定できるので、特に有効となる利点が得られる。

【0064】尚、上述図15の構成は一例である。例えば、図18のLバンド光増幅器220の他の内部構成例に示すように、励起光源を2個備えて双方向から励起する装置構成としても良く、上述同様に、信号雑音比が改善されて、より低ノイズなLバンド光増幅が実現できる。

【0065】また、図15若しくは図18に示すCバンド光増幅器120の励起手法についても、前方励起、後方励起、又は双方向励起とする装置構成で実現しても良い。

【0066】更に、図15若しくは図18に示すWDMカブラ40は一例であり、独立した合波手段であるWDMカブラと、Cバンド波長領域若しくはCバンド波長領域以下を通過阻止若しくは減衰できる光学フィルタ素子と、に分離独立した光学構成で実現してもよい。

【0067】

【発明の効果】本発明は、上述の説明内容から、下記に記載される効果を奏する。上述説明したように本発明による広帯域光増幅器によれば、直列接続形態の構成として高価な光学要素を削減できた結果、部品コストが低減されて比較的安価でより簡便に構成可能となる利点が得られる。更に、Lバンドを増幅する第2Er添加光ファイバ22のファイバ長Bは短く安価にでき、且つ、第2Er添加光ファイバ22を励起する第2励起光源32は比較的少ない励起光源で済むという大きな利点も得られる。更に、この広帯域光増幅器を適用した広帯域可変波長光源においても上記同様の利点が得られる。また、C

バンド波長領域以下を通過阻止するフィルタ機能を備えたLバンド増幅においては、より低ノイズなLバンド光増幅が実現できる。従って本発明の技術的效果は大であり、産業上の経済効果も大である。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の、広帯域光増幅器の要部構成例。

【図2】本発明の、広帯域光増幅器の要部構成例。

【図3】本発明の、広帯域可変波長光源の要部構成例。

【図4】本発明の、他の広帯域光増幅器の要部構成。

【図5】本発明の、他の広帯域光増幅器の要部構成。

【図6】本発明の、他の広帯域光増幅器の要部構成。

【図7】本発明の、他の広帯域光増幅器の要部構成。

【図8】本発明の、他の広帯域光増幅器の要部構成。

【図9】本発明の、他の広帯域可変波長光源の要部構成。

【図10】本発明の、他の広帯域可変波長光源の要部構成。

【図11】本発明の、他の広帯域可変波長光源の要部構成。

【図12】本発明の、他の広帯域可変波長光源の要部構成。

【図13】本発明の、他の広帯域可変波長光源の要部構成。

【図14】本発明の、光スイッチの切り替えによりCバンド帯域とLバンド帯域とを光増幅可能とする増幅特性図。

【図15】本発明の、Lバンド増幅時に信号雑音比を改善可能とした広帯域光増幅器の要部構成。

【図16】WDMカブラの反射・透過帯域を指定しないとき、第2Er添加光ファイバから出力されるASE光のスペクトラム例。

【図17】本発明の、CバンドとLバンドを分離するように設定したWDMカブラを使用したとき、WDMカブラを適用した場合の雑音比を改善したASE光のスペクトラム例。

【図18】本発明の、Lバンド光増幅器の他の内部構成例。

【符号の説明】

11 第1光アイソレータ

12 第2光アイソレータ

13 第3光アイソレータ

14 第4光アイソレータ

21 第1Er添加光ファイバ

22 第2Er添加光ファイバ

31 第1励起光源

32 第2励起光源

33 第3励起光源

31c, 32c, 33c, 61, 62 WDMカブラ

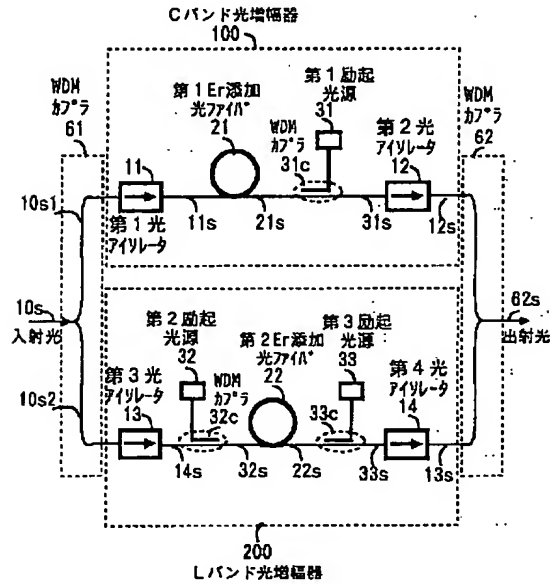
40 WDMカブラ

50 光スイッチ

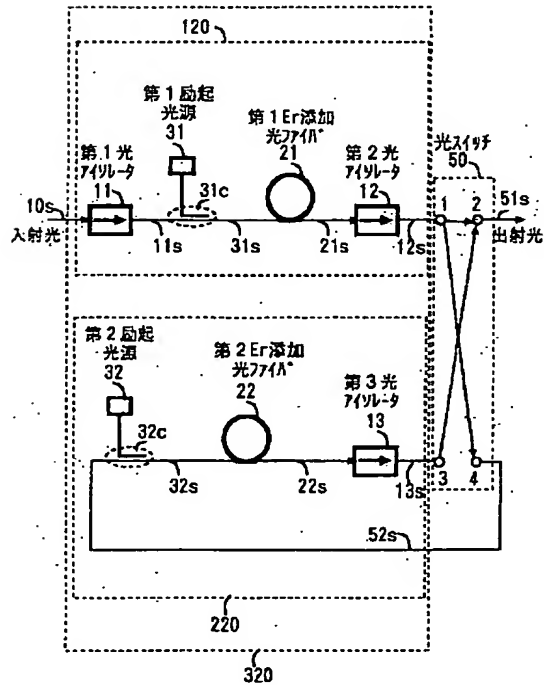
21

70 可変波長光フィルタ
 85 光分波器
 100, 120 Cバンド光増幅器

【図1】



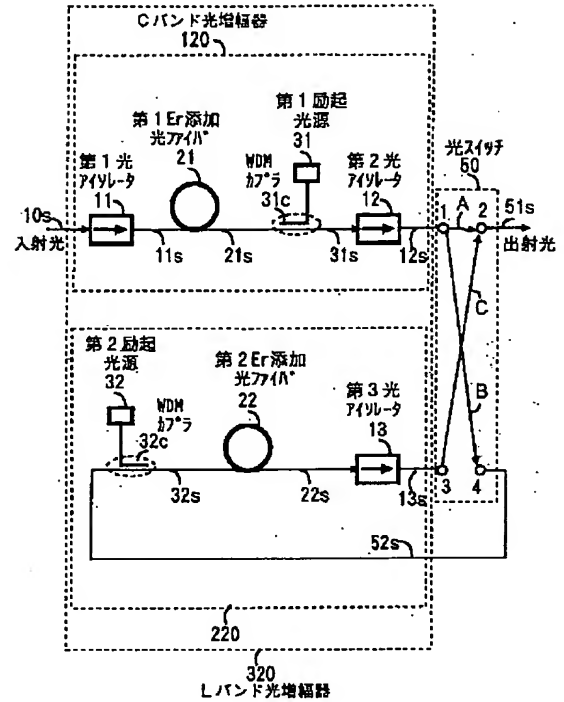
【図4】



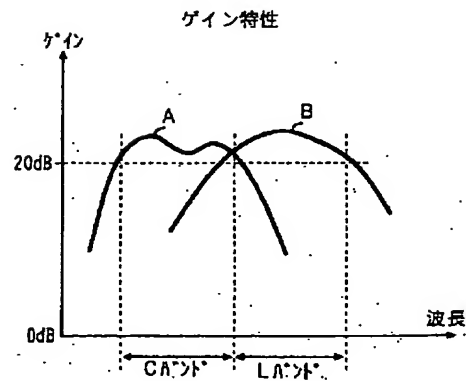
22

* 200, 320 Lバンド光増幅器
 220 Lバンド光増幅部 (Cバンド光増幅器120
 * を除く構成要素)

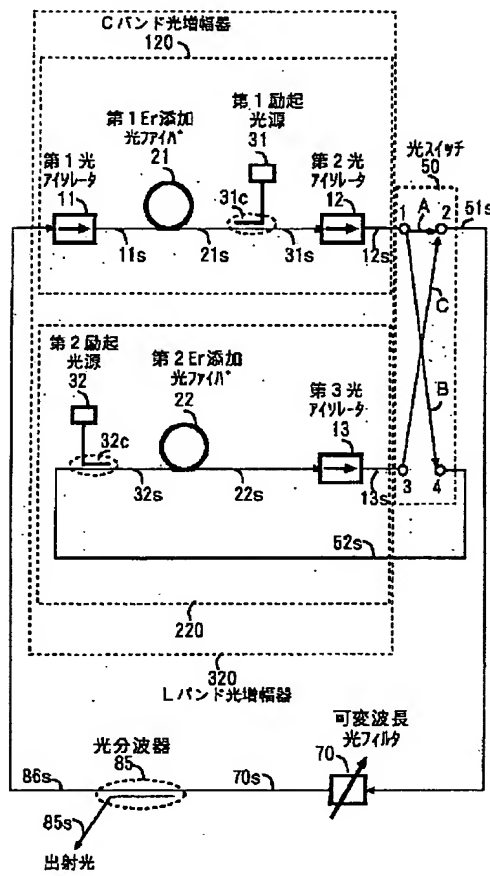
【図2】



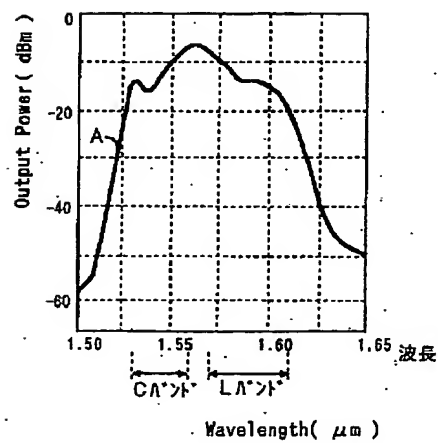
【図14】



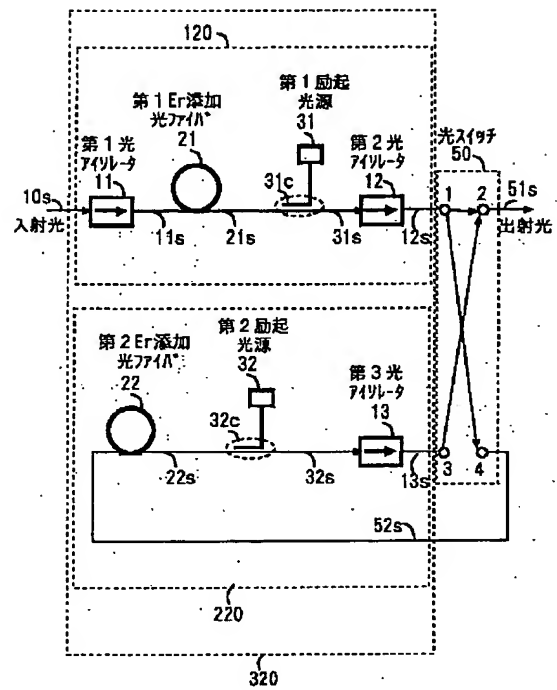
【図3】



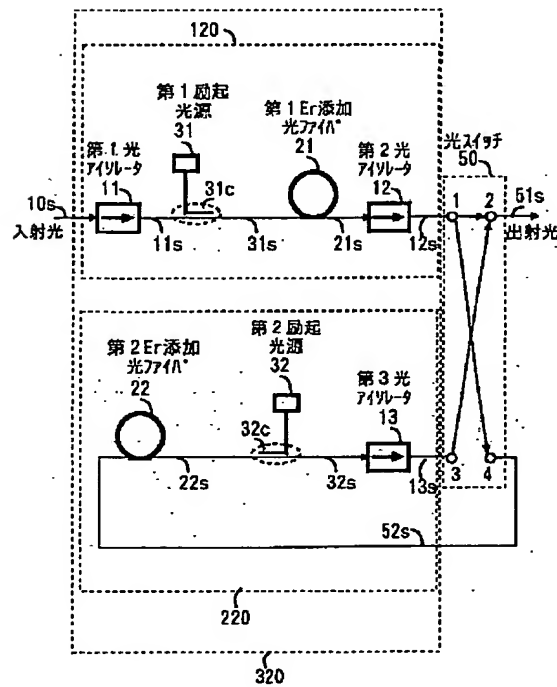
【図16】



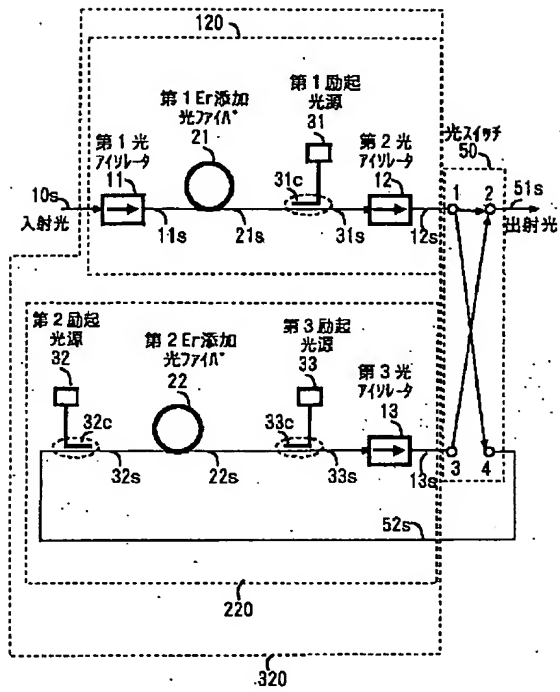
【図5】



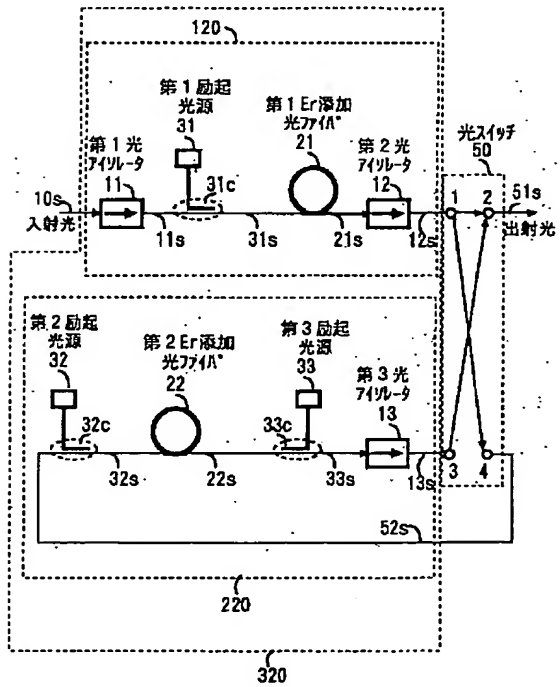
【図6】



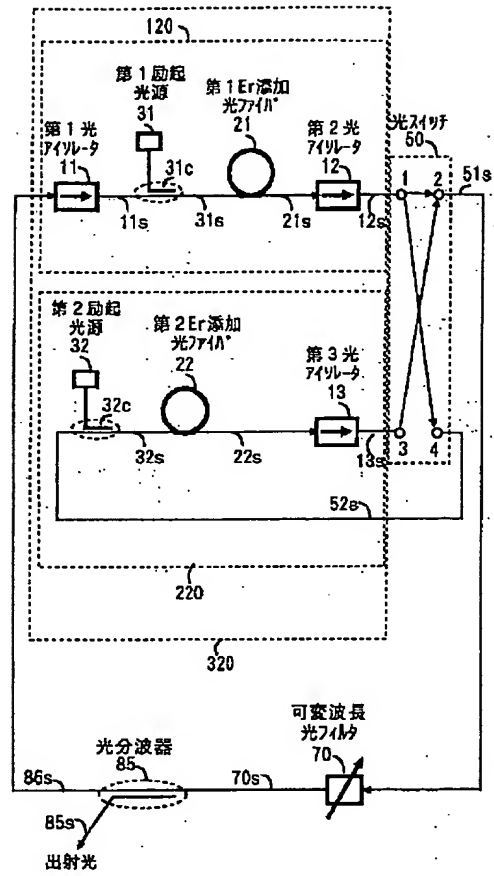
【図7】



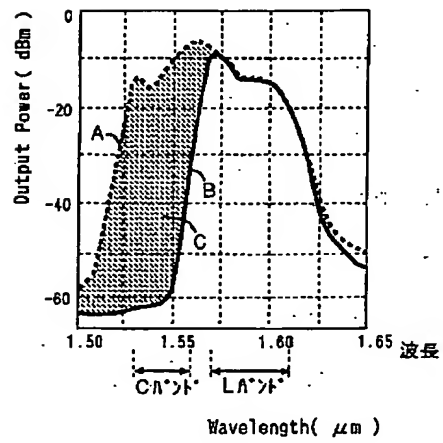
【図8】



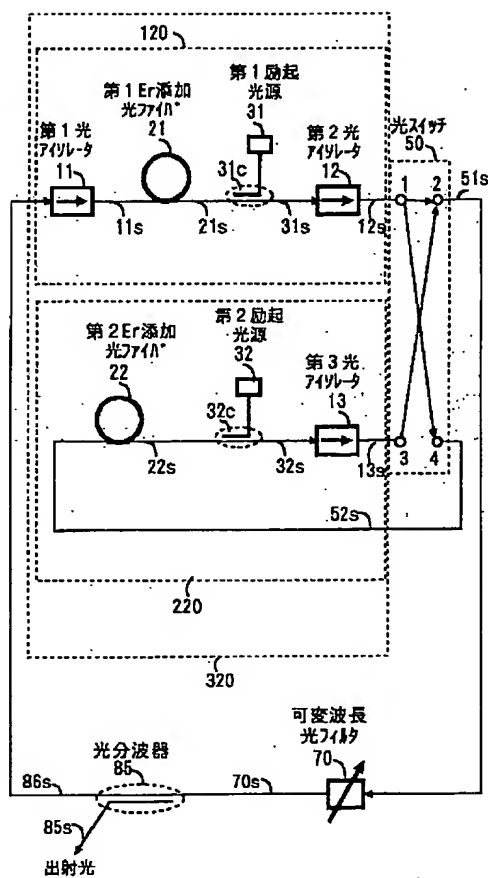
【図9】



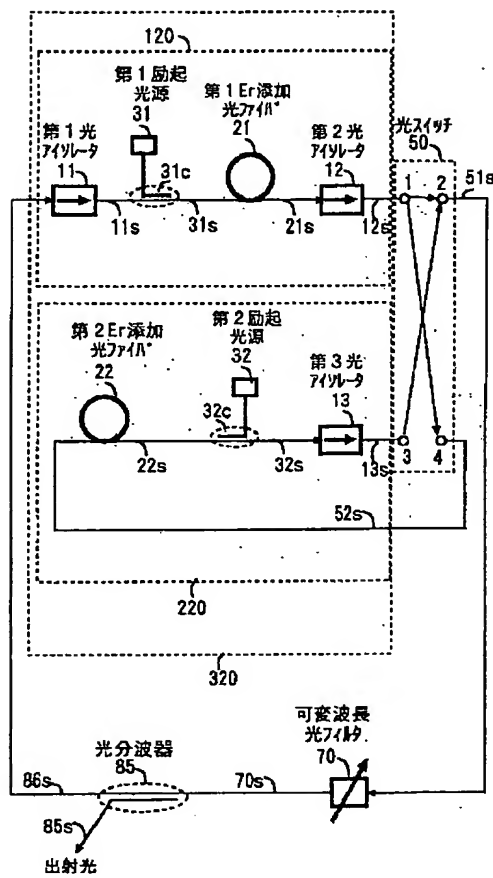
【図17】



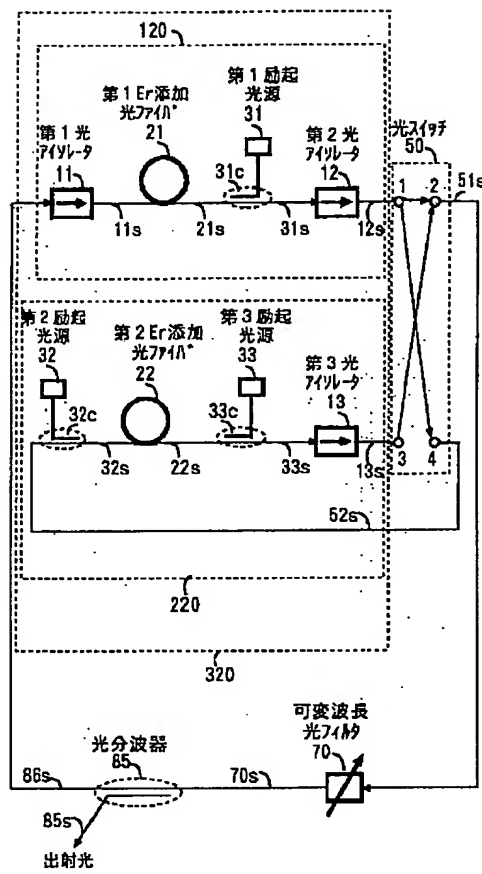
【図10】



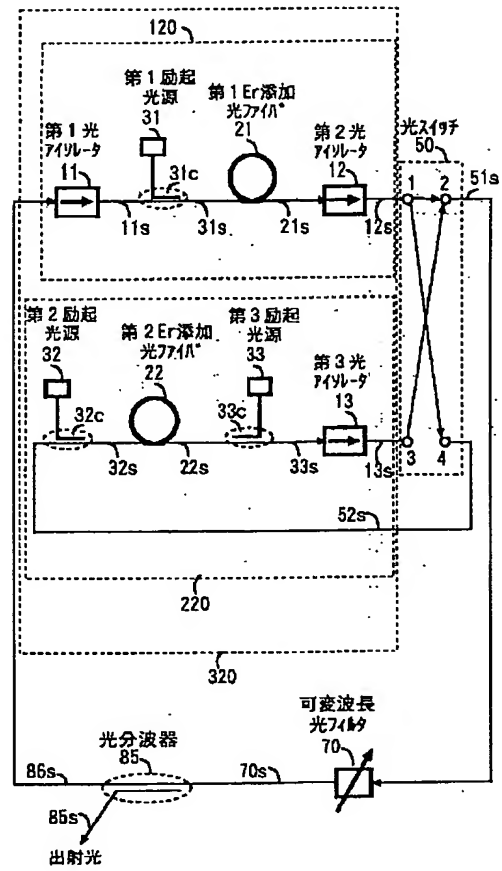
【図11】



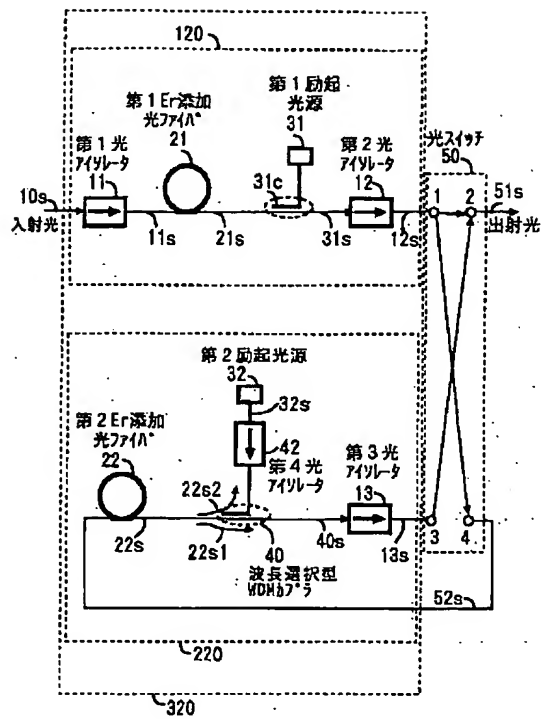
【図12】



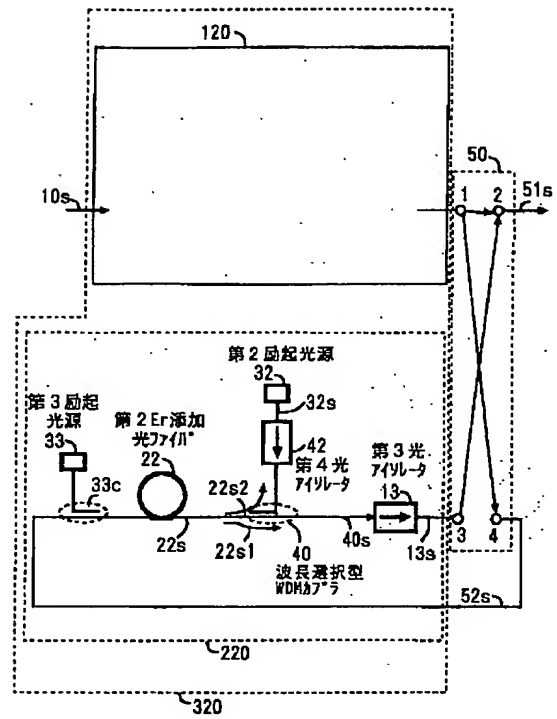
【図13】



【図15】



【図18】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.